

**STUDI PENINGKATAN KEKERASAN SERTA PERUBAHAN
STRUKTUR MIKRO PISAU PERKAKAS BERBAHAN BAJA KARBON
SEDANG (S35C) YANG DI *QUENCHING* PADA CAIRAN ARANG KAYU
JATI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

IRFAN SETIAWAN

D 200 140 097

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI PENINGKATAN KEKERASAN SERTA PERUBAHAN
STRUKTUR MIKRO PISAU PERKAKAS BERBAHAN BAJA KARBON
SEDANG (S35C) YANG DI *QUENCHING* PADA CAIRAN ARANG KAYU
JATI**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

IRFAN SETIAWAN

D 200 140 097

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen

Pembimbing


Ir. Bibit Sugito, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI PENINGKATAN KEKERASAN SERTA PERUBAHAN
STRUKTUR MIKRO PISAU PERKAKAS BERBAHAN BAJA KARBON
SEDANG (S35C) YANG DI *QUENCHING* PADA CAIRAN ARANG KAYU
JATI**

OLEH :

IRFAN SETIAWAN

D 200 140 097

**Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 18 Agustus 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
Dewan Penguji:**

1. Ir. Bibit Sugito, M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Sunardi Wiyono, M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Wijianto, S.T., M.Eng., SC
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka saya akan pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 08 September 2020

Penulis



IRFAN SETIAWAN

D200140097

STUDI PENINGKATAN KEKERASAN SERTA PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO PISAU PERKAKAS BERBAHAN BAJA KARBON SEDANG (S35C) YANG DI QUENCHING PADA CAIRAN ARANG KAYU JATI

ABSTRAK

Quenching merupakan proses pengerjaan pengerasan logam dengan pendinginan secara cepat dari temperatur austenisasi. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik serta mengetahui perubahan struktur mikro pada pisau perkakas dan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam pisau perkakas. Pada proses quenching ini, media yang digunakan adalah cairan arang kayu jati. Material yang digunakan adalah baja karbon sedang (S35C). Selanjutnya spesimen dilakukan pengujian kekerasan, pengujian tarik, foto struktur mikro dan uji komposisi kimia. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan nilai karbon (C) dari quenching material dan raw material dikategorikan dalam kelompok baja karbon sedang dengan kadar karbon ($C = 0,363\%$ dan $0,374\%$). Hasil pengujian tarik menunjukkan quenching material memiliki sifat yang lebih getas dibandingkan dengan raw material. Dari hasil pengujian kekerasan nilai kekerasan rata-rata quenching material sebesar 402 VHN pada bagian permukaan 385 VHN pada bagian sisi dan raw material 324 VHN dan 195 VHN. Hasil foto mikro fasa yang terbentuk adalah ferit dan pearlit.

Kata Kunci : Perlakuan Panas, Quenching, Baja Karbon Sedang.

ABSTRACT

Quenching is a metal hardening process by refrigeration accelerate from the austenizing temperature. This study aims to increase the hardness, tensile strength and to determine the changes in the microstructure of the tool knife and to determine the chemical composition contained in the tool knife. In this quenching process, the medium used is teak charcoal liquid. The material used is medium carbon steel (S35C). Furthermore, the specimens were subjected to hardness testing, tensile testing, microstructure photos and chemical composition tests. The chemical composition test results showed that the carbon value (C) of the quenching material and raw material was categorized in the medium carbon steel group with carbon ($C = 0.363\%$ and 0.374%). The tensile test results show that the quenching material has more brittle properties than the raw material. From the hardness test results, the average hardness value of quenching material is 402 VHN on the surface of 385 VHN on the sides and 324 VHN and 195 VHN raw material. The resulting micro-phase photos are ferrite and pearlite.

Keywords: Heat Treatment, Quenching, Medium Carbon Steel.

1. PENDAHULUAN

Bidang industri yang memproduksi berbagai macam kebutuhan manusia sedang berkembang sangat pesat. Permintaan pasar yang sangat tinggi mendorong bidang industri pisau atau pandai besi besar maupun kecil untuk

meningkatkan kebutuhan penggunaan dari hasil pengerasan baja yang dibutuhkan konsumen. Untuk memenuhi tuntutan konsumen, dalam teknik pengerasan logam ini peneliti mencoba mengangkat permasalahan pengerasan logam pada pisau dengan bahan baja karbon sedang. Baja ini sering digunakan oleh pandai besi untuk pembuatan pisau. Pada industri pembuatan pisau atau pandai besi sendiri mengalami beberapa permasalahan, diantaranya banyak konsumen yang mengeluhkan hasil kekerasan dan kekuatan dari pisau yang diproduksi. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kekerasan dan kekuatan pisau, diantaranya adalah media pendinginan pada saat proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) maupun pada saat proses penempaan itu sendiri, karena penempaan dilakukan dengan metode konvensional atau masih dengan cara manual. Hal ini yang mendasari penelitian ini dilakukan adalah untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanis dari pisau perkakas. Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan perlakuan panas (*Heat Treatment*) dengan media pendingin yang berbeda. Media yang digunakan oleh rata-rata industri pisau atau pandai besi adalah menggunakan air biasa atau tanpa campuran apapun. Dengan mengubah media pendinginan (*quenching*) dengan menggunakan cairan karbon (cairan arang) diharapkan akan menambah kekerasan dan kekuatan dari pisau yang diproduksi.

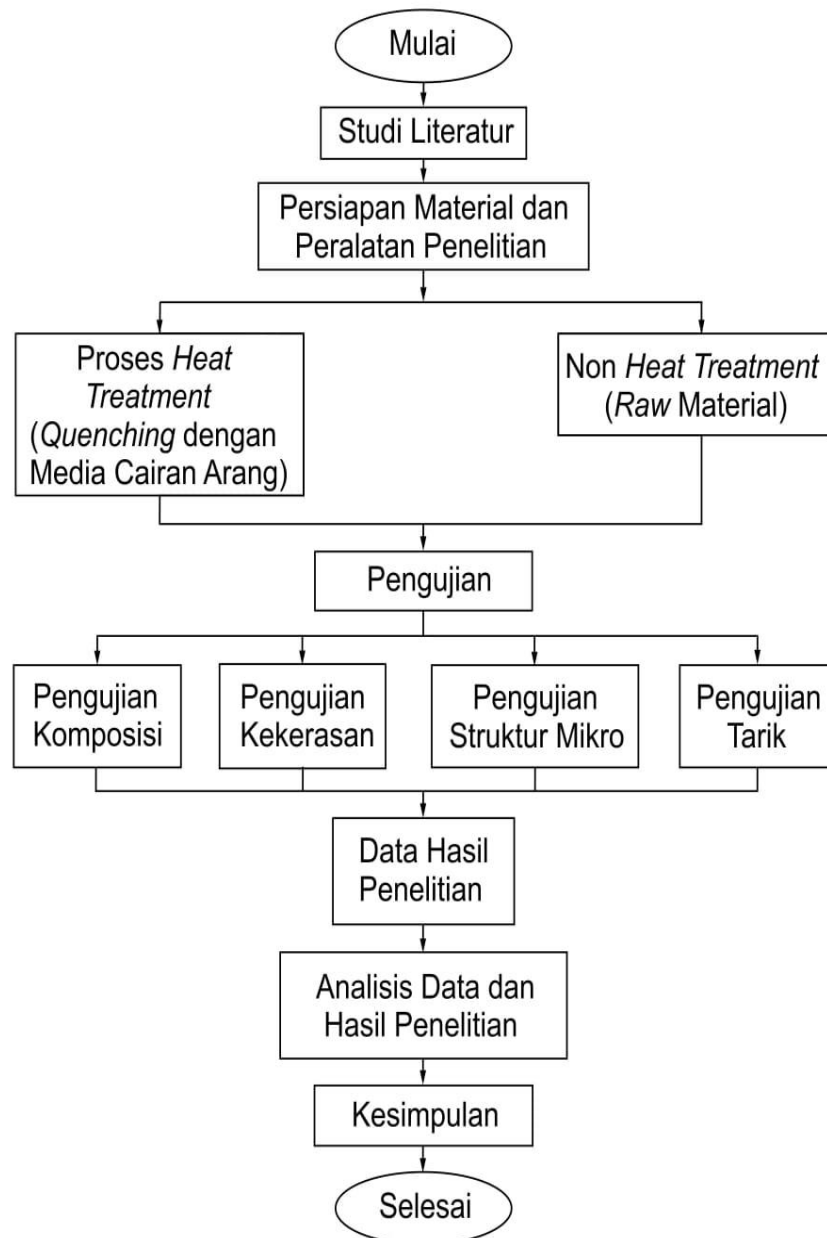
Perlakuan panas mempunyai tujuan meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya. Tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan media pendingin yang digunakan.

Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quenching* (Amstead, 1979). Hasil dari proses *hardening* pada baja, akan menimbulkan tegangan dalam (*internal stress*) dan rapuh (*Britles*), sehingga baja tersebut belum cocok untuk segera digunakan. Oleh karena itu pada baja tersebut perlu dilakukan proses

lanjut yaitu proses temper. Proses *tempering* akan menurunkan kegetasan, kekuatan tarik dan kekerasan sampai memenuhi syarat penggunaan, sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat. Kekerasan merupakan sifat ketahanan dari bahan terhadap penekanan.

2. METODE

2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2. Bahan dan Alat

2.2.1. Bahan



Gambar 2 Spesimen Pisau



Gambar 3 Cairan Arang Kayu
Jati

2.2.2. Alat



Gambar 4 Mesin
Furnace



Gambar 5 Meja Kerja



Gambar 6 Alat Uji Komposisi Kimia



Gambar 7 Alat Uji Tarik



Gambar 8 Alat Uji Kekerasan Vickers



Gambar 9 Alat Uji Foto Mikro



Gambar 10 *Polishing Machine*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1 Hasil Uji Komposisi Kimia *Raw Material*

UNSUR	SAMPEL UJI	
	KANDUNGAN (%)	STANDAR DEVIASI
Fe	97,6	0,152
C	0,374	0,0138
Si	0,115	0,0607

Mn	1,46	0,100
P	0,0696	0,0085
S	0,0427	0,0009
Cr	0,0188	0,0297
Mo	<0,0050	0,0000
Ni	0,0347	0,0310
Al	0,0317	0,0067
Co	0,0246	0,0196
Cu	0,0479	0,0073
Nb	0,0168	0,0133
Ti	0,0177	0,0073
V	0,0194	0,0060
W	<0,0250	0,0000
Pb	<0,0100	0,0000
Ca	>0,0015	0,0000
Zr	0,0096	0,0087

Tabel 2 Hasil Uji Komposisi Kimia *Quenching* Material

UNSUR	SAMPEL UJI	
	KANDUNGAN (%)	STANDAR DEVIASI
Fe	97,2	0,100
C	0,363	0,0073
Si	0,105	0,0465
Mn	1,59	0,0493
P	0,0746	0,0026
S	0,0442	0,0049
Cr	0,0415	0,0047
Mo	0,0292	0,0146
Ni	<0,0050	0,0026

Al	0,0340	0,0034
Co	0,0684	0,0249
Cu	0,0453	0,0004
Nb	0,0542	0,0091
Ti	0,0112	0,0042
V	0,0498	0,0111
W	0,207	0,0891
Pb	<0,0100	0,0000
Ca	>0,0015	0,0001
Zr	0,0253	0,0064

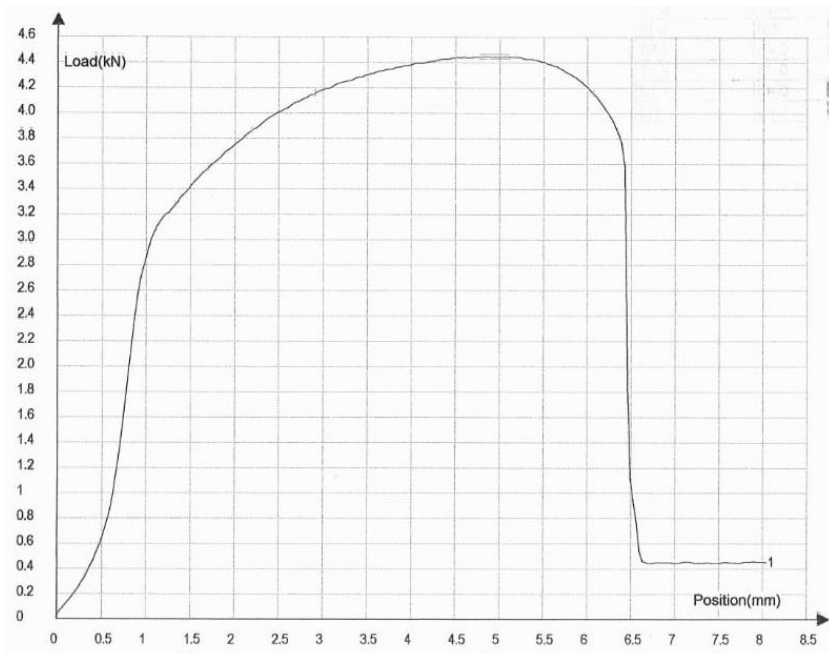
Berdasarkan tabel hasil uji komposisi dari kedua spesimen, tidak terjadi banyak perubahan pada nilai persentase yang terlalu tinggi dan tidak ada unsur kimia tambahan ataupun unsur kimia yang menghilang setelah dilakukan *quenching*. Hal itu terjadi karena pada proses pendinginan cepat (*quenching*) tidak akan merubah komposisi kimia dari bahan atau spesimen tersebut.

Berdasarkan persentase atau jumlah karbon yang terdapat dalam spesimen, dapat disimpulkan bahwa spesimen termasuk kedalam kategori baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*) dengan kadar karbon sebesar 0,347 % untuk *raw material* dan 0,363 % untuk material *quenching*.

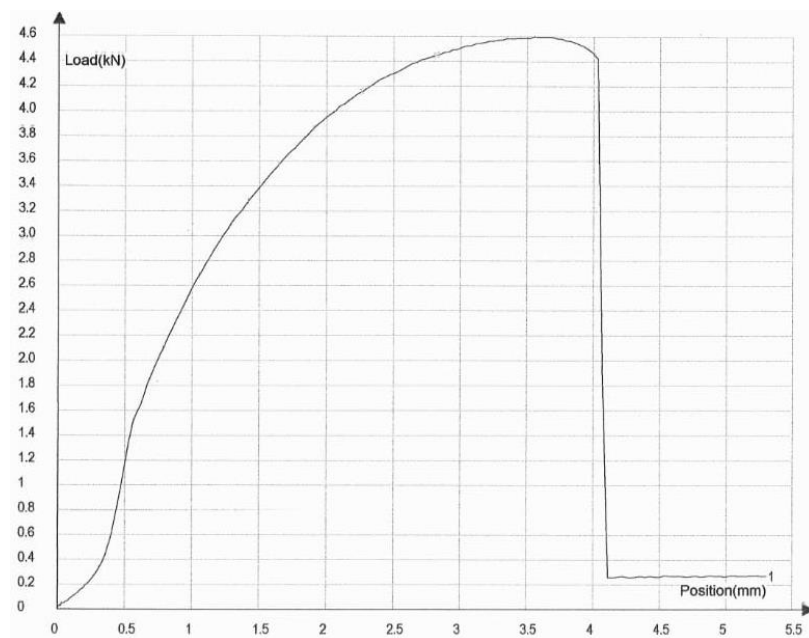
3.2. Data Hasil Pengujian Tarik

Tabel 3 Nilai Tegangan Regangan Hasil Uji Tarik

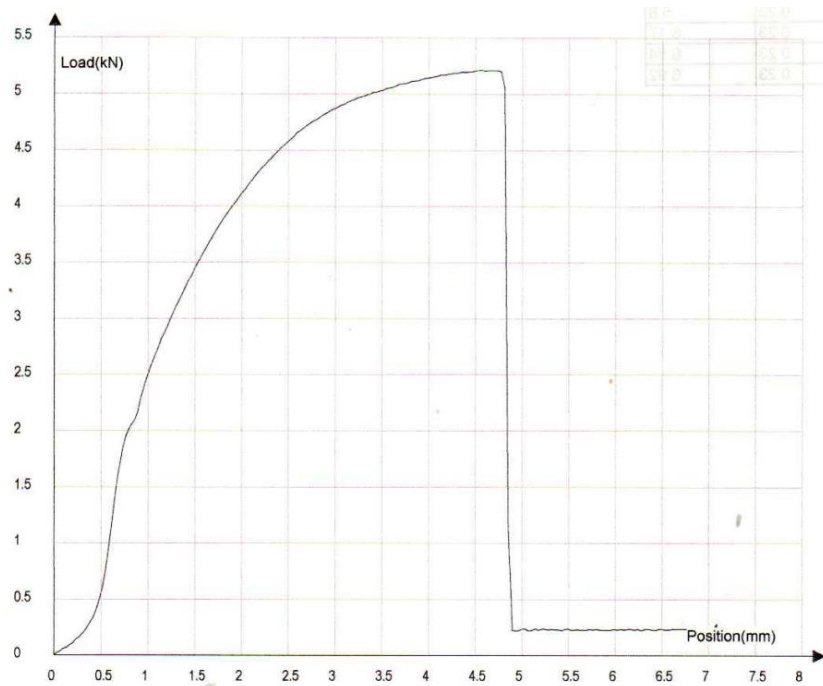
Spesimen Uji	F _{max} (kN)	Tegangan, σ (Mpa)	Tegangan Rata-rata, σ (Mpa)	Regangan Maksimal, (%)	Regangan Rata-rata, (%)
Quenching	4.6	440	550	3.08	3.37
	5.21	535		3.93	
	7.08	675		3.12	
Raw	4.45	425	425	4.21	4.21



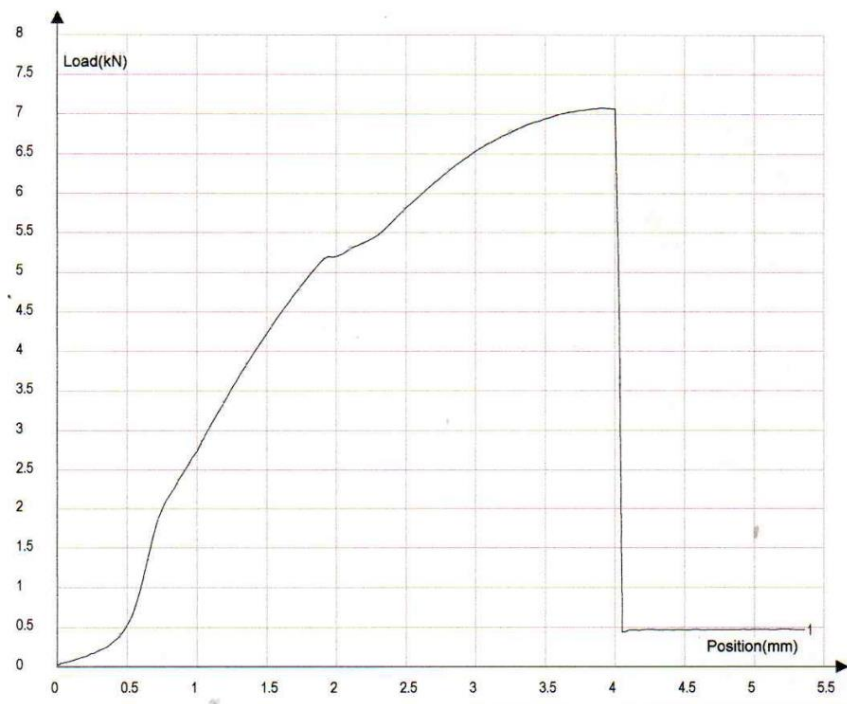
Gambar 11 Grafik Hasil Pengujian Tarik *Raw Material*



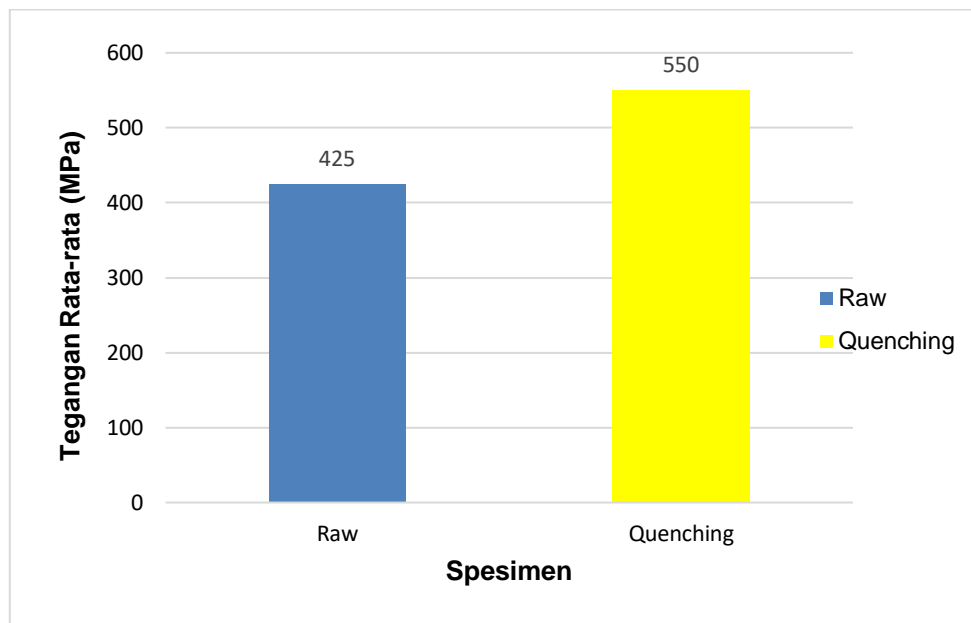
Gambar 12 Grafik Hasil Pengujian Tarik *Quenching Material 1*



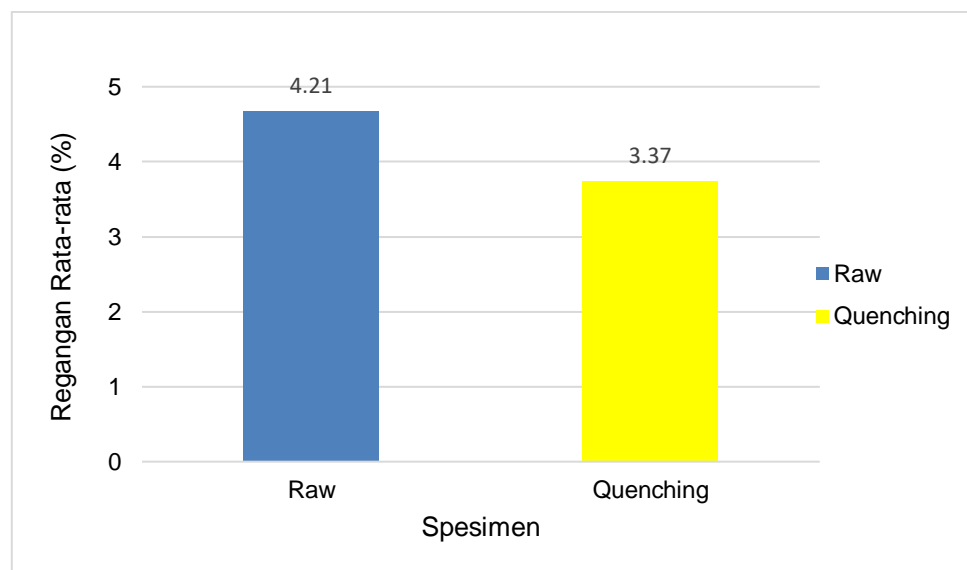
Gambar 13 Grafik Hasil Pengujian Tarik *Quenching Material 2*



Gambar 14 Grafik Hasil Pengujian Tarik *Quenching Material 3*



Gambar 15 Histrogram Tegangan Tarik Rata-rata Material



Gambar 16 Histogram Regangan Rata-rata Material

Gambar 11 sampai gambar 14 menunjukkan grafik pengujian tarik untuk *raw* material dan *quenching* material. Pada spesimen *raw* material didapatkan hasil tegangan maksimal sebesar 425 MPa dengan pembebanan maksimal (F)

sebesar 4.45 kN, sedangkan untuk *quenching* material dilakukan 3 kali pengujian tarik dan didapatkan hasil tegangan maksimal masing-masing sebesar 440 MPa, 535 MPa, dan 675 MPa, dengan pembebanan maksimal (F) masing-masing sebesar 4.46 kN, 5.21 kN, dan 7.08 kN.

Pada gambar 15 dan gambar 16 menunjukkan nilai tegangan dan regangan rata-rata. Pada spesimen *quenching* didapatkan hasil tegangan rata-rata sebesar 550 MPa dan regangan rata-rata sebesar 3.37%. sedangkan untuk *raw* material didapatkan hasil tegangan rata-rata sebesar 425 MPa dan regangan rata-rata sebesar 4.21%.

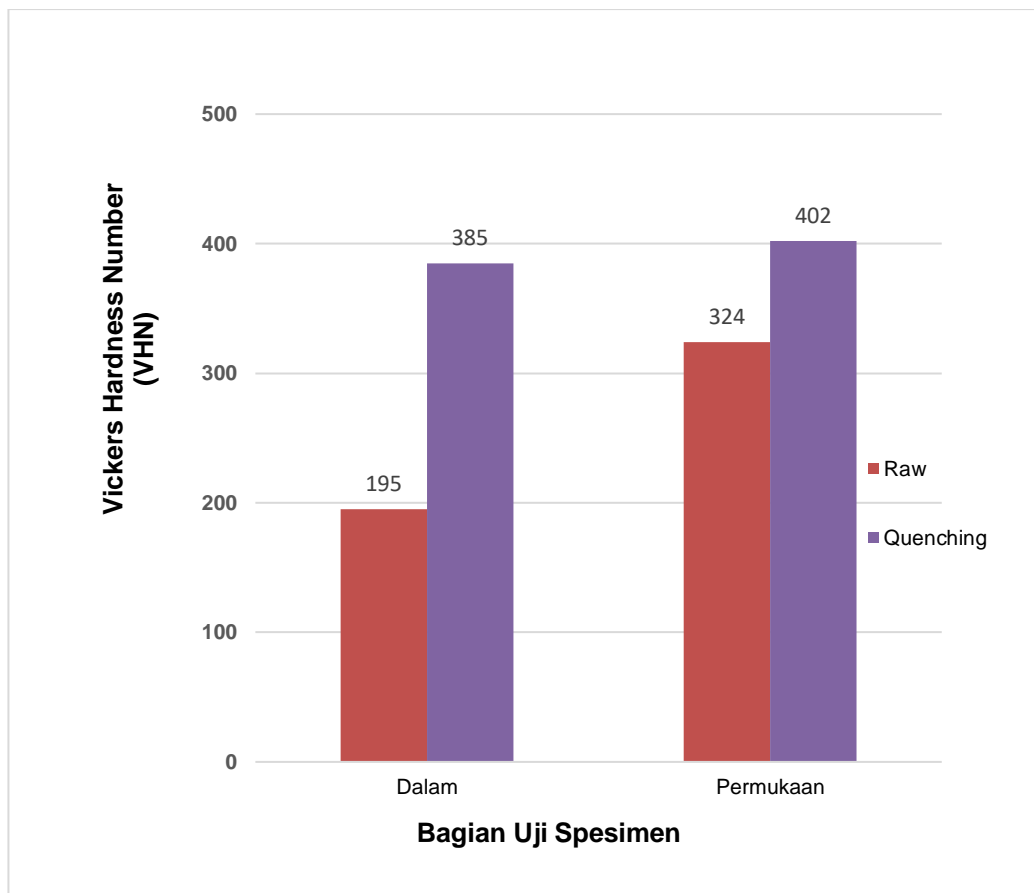
Dari data hasil pengujian tarik yang dilakukan pada kedua spesimen pisau didapatkan nilai tegangan tarik dari pisau yang telah dilakukan perlakuan panas memiliki tegangan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan *raw* material. Oleh karena itu, material *quenching* memiliki sifat yang lebih getas daripada *raw* material, akan tetapi material *quenching* memiliki keuletan yang lebih kecil dari *raw* material dikarenakan nilai regangan yang besar dari *raw* material.

Dari hasil tersebut faktor yang mempengaruhi tingginya kekuatan tarik dan regangan dari spesimen *quenching* dibandingkan dengan *raw* material adalah ketika spesimen dipanaskan pada temperatur tinggi kemudian dilakukan pendinginan yang sangat cepat (*quenching*) sehingga menyebabkan terbukanya rongga-rongga yang ada pada permukaan dan menyebabkan ukuran atom-atom mengecil sehingga ketika dilakukan proses *quenching* dengan cairan arang karbon yang terkandung didalam arang masuk kedalam spesimen.

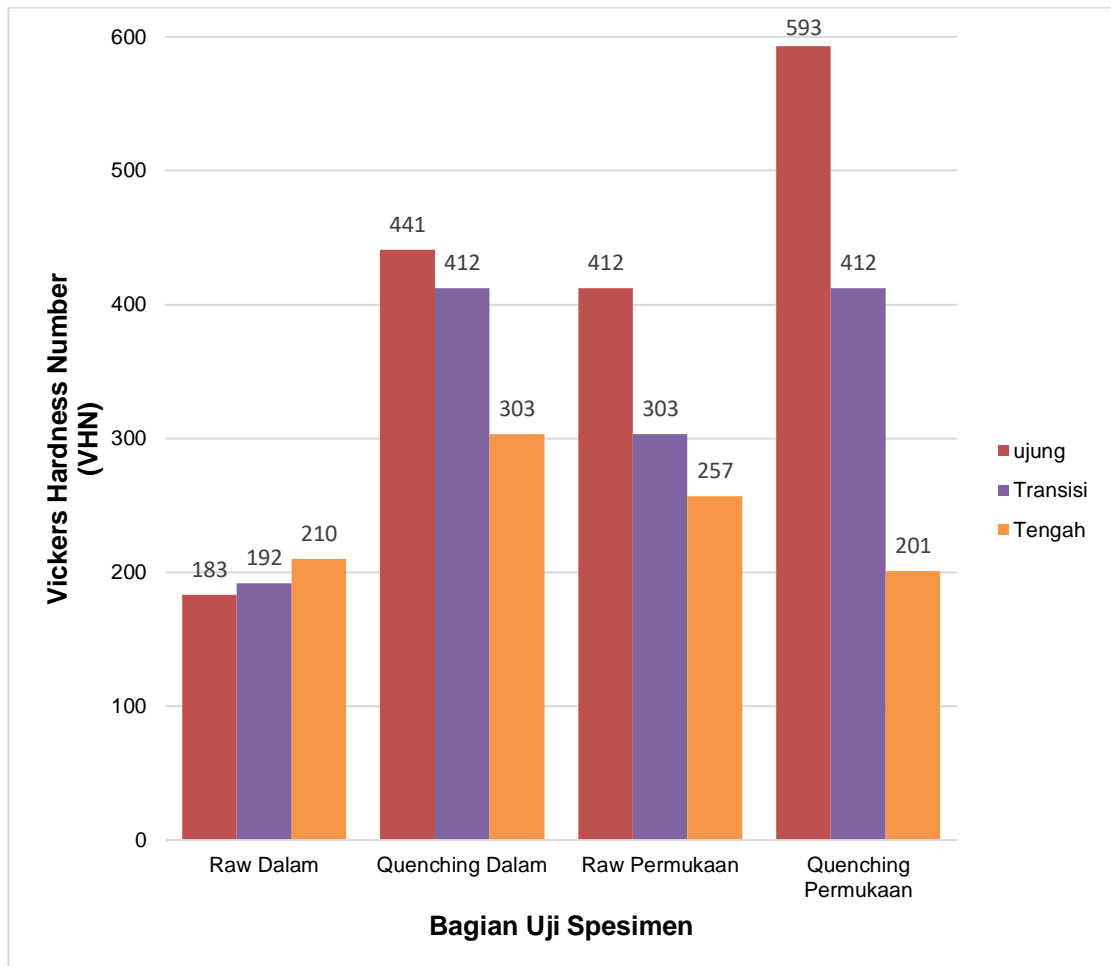
Tabel 4 Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers

Spesimen	Daerah Uji	D1 (mm)	D2 (mm)	Kekerasan (VHN)	kekerasan rata-rata (VHN)
Raw Bagian Dalam	Ujung	45	45	183	195
	Transisi	44	44	192	

	Tengah	42	42	210	
<i>Quenching</i> Bagian Dalam	Ujung	29	29	441	385
	Transisi	30	30	412	
	Tengah	35	35	303	
<i>Raw</i> Permukaan	Ujung	30	30	412	324
	Transisi	35	35	303	
	Tengah	38	38	257	
<i>Quenching</i> Permukaan	Ujung	25	25	593	402
	Transisi	30	30	412	
	Tengah	43	43	201	

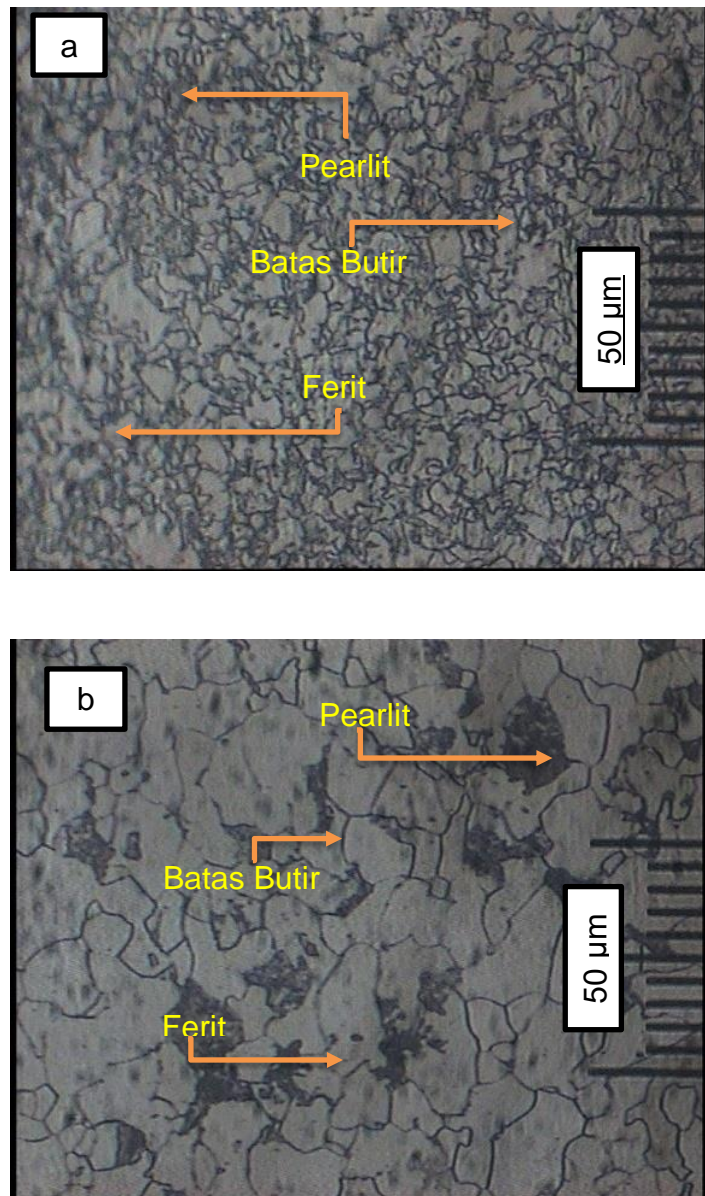


Gambar 17 Histogram Hasil Uji Kekerasan Rata-rata



Gambar 18 Histogram Hasil Uji Kekerasan Tiap Titik

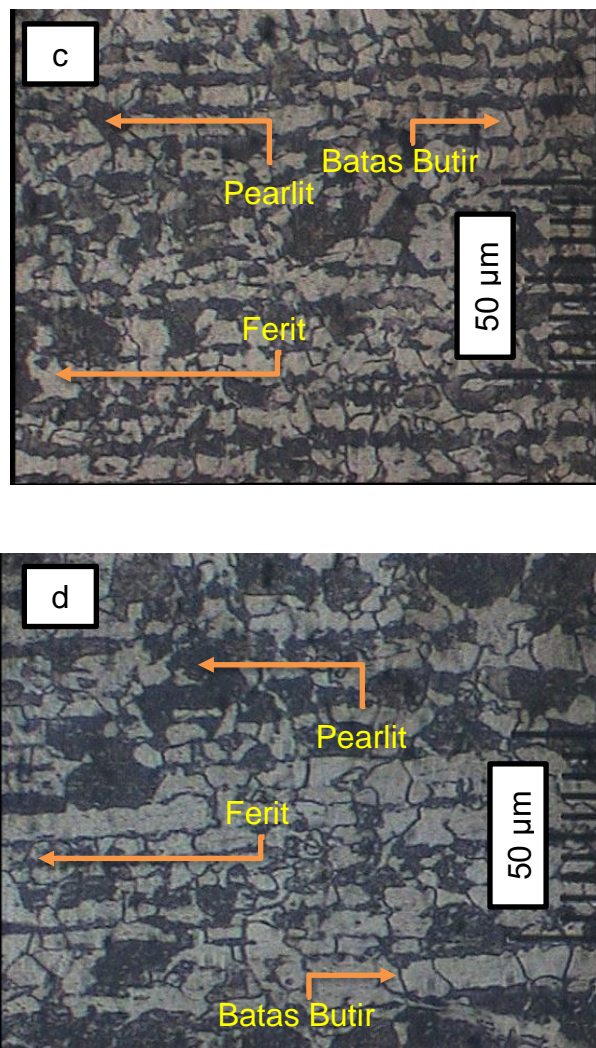
Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai kekerasan rata-rata dari material *quenching* dibandingkan dengan nilai kekerasan rata-rata *raw* material adalah proses pendinginan dengan sangat cepat (*quenching*). Pada saat pendinginan cepat (*quenching*), atom-atom tidak terjadi pertumbuhan butir. *Quenching* akan menyebabkan menurunnya ukuran butir sehingga dapat meningkatkan nilai kekerasan suatu material (Syaefudin, 2001). Sedangkan pada *raw* material karena tidak dilakukan perlakuan panas maka butir-butir atom tidak terjadi pengurangan ukuran. Hal itulah yang menyebabkan *raw* material lebih kecil nilai kekerasannya dibandingkan dengan *quenching* material.



Gambar 19 Struktur Mikro Bagian Permukaan Spesimen (a) *Quenching* Material ,
(b) *Raw* Material Dengan Perbesaran 200 Kali

Gambar 19 menunjukkan struktur mikro pada bagian permukaan *raw* material dan *quenching* material. Struktur mikro pada kedua material masing-masing terdapat ferit (berwarna putih) dan pearlit (berwarna hitam) dan batas butir dari kedua spesimen juga terlihat sangat jelas. Tetapi pada bagian permukaan material *quenching*, pearlit memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan *raw* material. Ferit yang memiliki sifat lunak dan pearlit

memiliki sifat yang lebih keras, pada *raw* material fasa didominasi oleh ferit sehingga menyebabkan spesimen *raw* material nilai kekerasannya lebih kecil dari material *quenching*. Selain jumlah pearlit, faktor yang mempengaruhi besarnya nilai kekerasan material adalah ukuran atom dari material *quenching* lebih kecil dan jumlah butiran-butirannya lebih banyak dari *raw* material. Hal itu disebabkan karena ketika spesimen dipanaskan pada temperatur 850°C , butir-butir atom tersebut memuai dan terpecah lalu ketika didinginkan dengan sangat cepat (proses *quenching*) atom-atom tersebut menjadi tidak beraturan dan membuat ikatan atomnya semakin kuat.



Gambar 20 Struktur Mikro Bagian Dalam Spesimen (c). *Quenching* Material, (d) *Raw* Material Dengan Perbesaran 200 Kali

Gambar 20 menunjukkan hasil foto struktur mikro pada bagian dalam spesimen *quenching* dan *raw*. Sama seperti pada bagian permukaan, fasa yang terbentuk adalah pearlit (berwarna hitam) dan ferit (berwarna putih). Tetapi, jumlah pearlit lebih banyak dibandingkan pada bagian permukaan baik pada *quenching* material maupun *raw* material. Pearlit pada bagian dalam juga terlihat lebih jelas dibandingkan dengan bagian permukaan spesimen.

Dalam fasa ini martensit belum terbentuk dikarenakan media pendinginan yang digunakan adalah cairan arang kayu, sehingga fasa yang terbentuk hanyalah pearlit (dominan) dan ferit.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kandungan karbon (C) untuk *raw* material adalah sebesar 0,374 % sedangkan untuk *quenching* material kandungan karbon (C) sebesar 0,363 % dan termasuk kedalam kategori baja karbon sedang.
2. Nilai tegangan maksimum rata-rata dan nilai regangan maksimum rata-rata untuk *quenching* material sebesar 550 MPa dan 3,37%. Sedangkan nilai tegangan maksimum rata-rata dan regangan maksimum rata-rata untuk *raw* material sebesar 425 MPa dan 4.21%
3. Nilai kekerasan rata-rata material *quenching* pada bagian dalam sebesar 385 VHN dan nilai kekerasan rata-rata *raw* material pada bagian dalam sebesar 195 VHN. Nilai kekerasan rata-rata *quenching* material pada bagian permukaan sebesar 402 VHN dan nilai kekerasan rata-rata *raw* material pada bagian permukaan sebesar 324 VHN.
4. Hasil pengamatan struktur mikro pada *raw* material dan *quenching material* pada bagian permukaan terjadi perubahan ukuran atom. Dimana pada bagian permukaan, *raw material* memiliki ukuran atom yang lebih besar dibandingkan dengan *quenching material*. Kemudian pada bagian dalam (sisi) tidak terjadi perubahan ukuran atom tetapi

jumlah perlit dari *quenching material* lebih banyak dibandingkan dengan *raw material*.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal, antara lain :

1. Dalam penelitian ini, saya menggunakan perlakuan panas (*heat treatment*) yang digunakan adalah *quenching* dengan media cairan arang kayu jati dan tanpa ada variasi suhu. Untuk penelitian selanjutnya bisa ditambahkan variasi suhu yang lain agar dapat menjadi pembanding pada hasil *quenching*.
2. Melakukan penelitian sejenis dengan menambahkan perlakuan panas (*Heat Treatment*) tempering (pemanasan kembali) kemudian dinginkan dengan media air es.

PERSANTUNAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin, Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir dengan judul **“STUDI PENINGKATAN KEKERASAN SERTA PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO PISAU PERKAKAS BERBAHAN BAJA KARBON SEDANG (S35C) YANG DI *QUENCHING* PADA CAIRAN ARANG KAYU JATI”**

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan dari Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, untuk meraih gelar Sarjana Teknik (ST). Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. H. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

3. Bapak Ir. Bibit Sugito, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan masa perkuliahan.
5. Bapak, ibu, dan adik tercinta yang senantiasa memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan perkuliahan, terimakasih untuk semuanya.
6. Teman – teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah berjuang bersama – sama dan saling memberi semangat, dukungan, serta bantuan selama perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna, Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook, 1997. *“Properties and Selection : Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials”*. Metal Handbook. Vol 02.
- ASM Handbook, 1997. *“Powder Metal Technologies and Applications”*. Metal Handbook. Vol 07.
- Kutz, M. 2015. *“Materials and Engineering Mechanics”*. Mechanical Engineers' Handbook. Vol 01.
- Sularso dan K. Suga. 1991. *“Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin”*. PT. Pradnya Paramita : Jakarta.
- Purnomo. 2017. *“Material Teknik”*. Malang : CV. Seribu Bintang.
- Suarsana, I KT. 2017. *“Diktat Ilmu Material Teknik”*. Denpasar. Universitas Udayana.
- Djafrie, S. 1986. *“Teknologi MekanikI Jilid 1”*. Terjemahan dari *Manufacturing Processes*, Erlangga. Jakarta.
- Dalil, M Prayitno, A dan Inonu, I. 1999. *“Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam”*. Jurnal Natural Indonesia. Vol 2. No. 1. Hal 12 – 17.

- Mersilia, Anggun. 2016. "*Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Variasi Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135*". Skripsi. Universitas Lampung.
- Murtiono, Arief. 2012. "*Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang untuk Mata Pisau pemanen Sawit*". Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Suprayogi Zulfiqar, A. 2017. "*Pengaruh Variasi Media Quenching terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit*". Skripsi. Universitas Pancasakti Tegal.
- Purwanto. 2011. "*Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar*". Laboratorium Proses Produksi. Semarang : Universitas Wahid Hasyim.
- Nugroho, Sri. 2005. "*Pengaruh Media Quenching Air Tersirkulasi (Circulated Water) Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Pada Baja AISI 1045*". Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mulyadi dan Sunitra, E. 2010. "*Kajian perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat dari Proses karburisasi dan Proses Quenching pada Material Gigi Perontok Power Thresher*". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 7. No.1. Hal 33-49.
- Nur, I. Junaidi dan Hanwar, O. 2005. "*Analisis Pengaruh Media Pendingin dari Proses Perlakuan Panas terhadap Kekuatan Sambungan Pegas Daun dengan Las Smaw*". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 2 No. 1. Hal 18-23.
- Schonmetz, dan Gruber, A. K. 1985. "*Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*". Aksara. Bandung. Hal 82-85.
- Soejdono. 1978. "*Pengetahuan Logam I*". Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Syaefudin. 2001. "*Pengerasan Baja Karbon Rendah dengan Metode Nitridasi dan Quenching*". Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wardoyo, J.T. 2005. "*Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda*". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 10. No. 3. Hal 237-248.